



BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA A REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP EM CÉLULAS DE MANUFATURA DE USINAGEM

BENEFITS OF THE APPLICATION OF THE SMED METHODOLOGY FOR THE REDUCTION OF SETUP TIME IN MACHINERY MANUFACTURING CELLS

 Gabriela Moraes de Souza Evangelista ¹

 Laura Keiko Arimitsu ²

 André de Lima ³

 Ivan Correr ⁴

¹ Graduada em Engenharia de Produção
Faculdades Integradas Einstein de Limeira – FIEL
gabriela.m.s.evangelista@gmail.com

² Graduada em Engenharia de Produção
Faculdades Integradas Einstein de Limeira – FIEL
laurinhakeiko@yahoo.com.br

³ Doutor em Engenharia de Produção
Escola de Engenharia de Piracicaba – EEP
andredelima.andre@gmail.com

⁴ Graduada em Engenharia de Produção
Faculdades Integradas Einstein de Limeira – FIEL
icorrer@yahoo.com.br

Recebido em: 28 out. 2018

Aprovado em: 06 nov. 2019

Cite como - American Psychological Association (APA)

Evangelista, G. M. de S., Arimitsu, L. K., Lima, A de., & Correr, I. (2021, jan./mar.). Benefícios da aplicação da metodologia SMED para a redução de tempo de setup em células de manufatura de usinagem. *Exacta*, 19(1), 188-209. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v19n1.10828>.

Resumo: Atualmente as empresas necessitam se manterem competitivas no mercado, por isso é necessário que sejam implementados métodos para obtenção de melhorias do processo e redução de custos. No ambiente produtivo, um dos principais causadores do aumento de desperdícios é o setup, e uma das metodologias utilizadas é o SMED (Single Minute Exchange of Die), capaz de proporcionar a redução do tempo do setup. Neste contexto, o trabalho apresenta uma melhoria de redução do tempo de setup no processo de usinagem em uma empresa no ramo de autopeças, baseado nos conceitos da metodologia SMED visando o uso de técnicas de separação, redução do tempo de setup, padronização das atividades e melhorias do processo. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo foi baseada em uma pesquisa explicativa do tipo pesquisa-ação correlacionada ao uso do método DMAIC. Com as melhorias implementadas, obteve-se a redução do tempo de setup e aumento da disponibilidade.

Palavras-chave: Usinagem. Setup. SMED e DMAIC.

Abstract: Currently companies need to remain competitive in the market, so it is necessary to implement methods to obtain process improvements and cost reduction. In the productive environment, one of the main causes of increased waste is the setup, and one of the methodologies used is SMED (Single Minute Exchange of Die), which can reduce setup time. In this context, the work presents an improvement in the reduction of setup time in the machining process in a company in the auto parts sector, based on the concepts of the SMED methodology aiming at the use of separation techniques, reduction of setup time, standardization of activities and process improvements. The methodology used for the development of the study was based on an explanatory research of the research-action type correlated to the use of the DMAIC method. With the improvements implemented, the reduction of setup time and increased availability were achieved.

Keywords: Machining. Setup. SMED e DMAIC.

1 Introdução

No cenário mundial atual, as barreiras comerciais se expandiram gradativamente, devido à globalização, tornando o ambiente industrial extremamente competitivo. Alguns dos desafios enfrentados pelas organizações são a alta concorrência, a exigência do mercado e a necessidade de atender o cliente (Calhado, France, Rocha, Oliveira & Oliveira Neto, 2015).

Nos processos de usinagem, organizações buscam alternativas de aumentar a produtividade, reduzindo perdas de tempo em seu sistema produtivo, entre estas ações, realizar um melhor proveito do tempo de preparação de máquinas, eliminando o desperdício, conseqüentemente reduzindo o custo e aumentando a eficiência operacional (Vieira Junior, Silva, Correr, Coppini, & Baptista, 2011).

Um dos métodos utilizados para a redução do tempo de preparação de máquinas, ou, *setup*, é o *Single Minute of Exchange Die* (SMED). Sua aplicação visa a simplicidade e não exige altos custos de investimento, sendo muito utilizado por organizações que possuem um *mix* variados de produtos (Shingo, 1985).

Como, as empresas fornecedoras de produtos para as indústrias automotivas, estão cada vez mais suscetíveis às influências de seus clientes, no que diz respeito às flutuações do mercado, aumento de produtividade das máquinas, viabilização de produção em lotes com tamanhos reduzidos, e em conseqüência, redução do estoque, deste modo é necessário buscar por metodologias, conceitos, sistemas e ferramentas que visam reduzir os custos organizacionais e eliminar os desperdícios são fundamentais (Strapasson & Leite, 2012).

Ao mesmo tempo, em que existem aplicações sobre a utilização da metodologia SMED na indústria em processos produtivos, nota-se que não há muitos estudos que apresentem o impacto que a metodologia oferece na redução do tempo de *setup* em células de manufatura de usinagem.

Portanto, o presente artigo tem como objetivo apresentar as melhorias para redução do tempo de *setup* no processo de usinagem em uma organização do ramo de autopeças do estado de São Paulo, baseado nos conceitos da metodologia SMED visando o uso de técnicas de separação, redução ou eliminação do tempo de *setup*, padronização das atividades, sistematização e melhorias do processo, treinamento e envolvimento da equipe.

A estrutura do artigo encontra-se dividida em cinco fases: introdução do trabalho, apresentando a contextualização do tema, a lacuna e o objetivo da pesquisa; referencial teórico, apresentando os conceitos relacionados ao tempo de *setup* e SMED; a metodologia do desenvolvimento do estudo, definida como uma pesquisa explicativa do tipo pesquisa-ação; desenvolvimento, aplicação, resultados e discussões, baseado na estruturação da ferramenta DMAIC; e por fim as considerações finais do projeto.

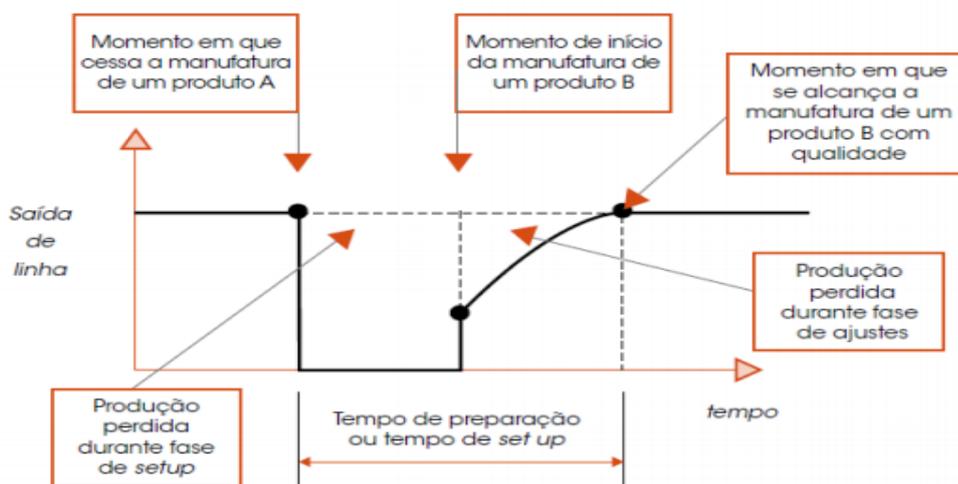
2 Referencial teórico

2.1 Tempo de setup

Anteriormente, a fabricação de produtos diversificados e com pequenos lotes eram considerados um grande empecilho para a gestão da produção. Acreditando ser caro preparar uma máquina para produzir apenas uma peça, as empresas optavam por diminuir a gama de produtos e produzir grandes lotes, além da implementação de células e máquinas dedicadas. Porém, o mercado teve um largo crescimento e desenvolvimento, exigindo que as empresas se adaptassem as suas necessidades, dessa forma para atender os clientes com um número maior de produtos disponíveis e de forma que reduza os seus estoques, o cenário alterou-se, surgindo *layouts* flexíveis, mão de obra multifuncional, produção em baixa escala e elevação de *mix* de produtos. O cenário anterior possibilitava minimizar a importância dos tempos de *setups*, mas o atual exige que esse tempo seja tratado de forma relevante (Boran & Ekincioglu, 2017; Gaither & Frazier, 2004; Maestrelli, 2014).

Segundo Satolo e Calarge (2008) e Braglia, Frasolini e Gallo (2016), para se adaptar ao cenário atual, é necessário reduzir o tempo de *setup*, sendo esse o tempo de preparação que ocorre entre a última peça produzida no lote atual (lote A) até a produção da primeira peça boa do lote posterior (lote B), como apresentado na figura 1.

Figura 1 - Caracterização do tempo de *setup*



Fonte: Adaptado de Satolo e Calarge (2008).

Segundo Shingo (2000), as 4 etapas básicas de atividades de *setup* são mostradas no quadro 1.

Quadro 1 - As principais etapas e atividades do *setup*

Etapa	Atividade
Preparação da matéria-prima, dispositivos e ferramentas	Etapa que ocorre a preparação da matéria-prima, dispositivos e ferramentas, sendo verificado se os materiais estão conformes para a utilização e nos locais corretos, também está incluso as limpezas das máquinas.
Montagem e remoção de ferramentas e componentes	Ocorre a remoção das ferramentas e componentes utilizados no lote anterior e a fixação das que serão utilizadas para atendimento ao novo lote que será produzido.
Centragem e determinação das dimensões das ferramentas:	Consiste nas atividades de posicionamento das ferramentas, medições e calibrações, a fim de encontrar as condições ideais para o processo.
Processos iniciais e ajustes:	São realizados os testes e ajustes necessários para a iniciação do processo, caso as etapas anteriores forem realizadas de forma satisfatória e eficiente, menor o tempo para essa etapa será empregada, já que a mesma é totalmente dependente das etapas anteriores.

Fonte: Adaptado de Shingo (2000).

Dentro do tempo de *setup*, relacionado ao processo de usinagem, existem inúmeras atividades, como requisição e transporte do ferramental, troca de ferramentas e dispositivos, ajustes, calibrações, programação das máquinas, *preset* de ferramentas, inspeções, aprovações, entre outras (Batelochi, 2007).

Com as transformações do mercado e com o desenvolvimento de diferentes modelos de produtos, a produção de lotes maiores é impulsionada, causando superprodução, desperdícios, estoques, elevando os custos de produção. Conseqüentemente há o aumento de ocorrências de *setup*, sendo assim é necessário que o tempo do mesmo seja reduzido. Já que um elevado tempo de *setup* impacta na disponibilidade da máquina. Por isso, a redução do tempo de *setup* é um dos principais focos das empresas de manufatura (Corazza, 2016; Satolo & Calarge, 2008).

2.2 Importância da redução do tempo de *setup*

A redução do tempo de *setup* é considerada um dos principais fundamentos de agregação à melhoria contínua de um processo, abrangendo melhorias nos sete desperdícios da Manufatura Enxuta (Wiltsie, 2012).

A melhoria no tempo de *setup* impacta várias esferas organizacionais (Goss, Maxim, Adhikari, & Rothe, 2010; Nicholas, 1998), conforme o quadro 2.

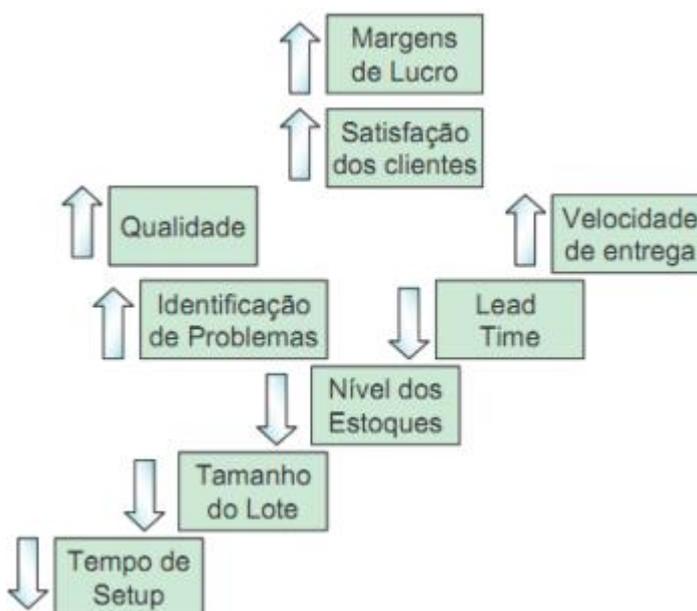
Quadro 2 - Impactos nas esferas organizacionais

Esferas organizacionais	Impactos
Qualidade	Redução de não conformidades de produto e processo
Custo	Redução de custos relacionados à estoque acabado, <i>work in process</i> , mão de obra, indisponibilidade das máquinas, entre outros
Tempo	Redução de tempo com movimentação dos operadores, calibração, ajustes, troca de ferramentas, <i>preset</i> , entre outros
Flexibilidade	<i>Setups</i> ágeis proporcionam flexibilidade para atender as demandas variadas, seja para ajustes das ferramentas e equipamentos ou na preparação como um todo
Melhor utilização da mão de obra	Com o <i>setup</i> simplificado e padronizado, todos os operadores podem ser qualificados, sem necessidade de determinar pessoas específicas, reduzindo a dependência do operador para a realização da operação
Capacidade e <i>lead time</i>	Maior utilização das máquinas, consequentemente maximizando a capacidade produtiva e reduzindo o <i>lead time</i>

Fonte: Adaptado de Nicholas (1998) e Goss *et al.* (2010).

Outros autores descrevem benefícios adicionais aos citados anteriormente, Allahverdi e Soroush (2008) apresentam o impacto aos clientes, como melhoria no desempenho de entrega e na capacidade de resposta. Wiltsie (2012) ressalta melhorias na programação e controle de produção, quebras de ferramentas, programação das máquinas e redução de manutenção de equipamentos. Mardegan, Lopes, Tريسane, Guerra e Rocha (2006), expõem as vantagens da redução do tempo de *setup*, conforme figura 2.

Figura 2 - Vantagens da redução do tempo de *setup*



Fonte: Adaptado de Mardegan *et al.* (2006).

Segundo McCarthy (2006), na maioria das empresas 50% do tempo de trabalho é empregado no processo de *setup*, dessa forma, reduzir o tempo de preparação torna-se requisito de competitividade no contexto empresarial mundial.

Portanto, encontrar uma metodologia que possibilite a redução de setup e até mesmo do tempo de ajuste fino é de suma importância, já que impacta diretamente sobre a produtividade e eficiência de produção (Mendéz & Rodriguez, 2015).

Para auxiliar nesses casos, a principal e mais difundida metodologia para a redução do tempo de *setup* é o SMED, uma das propostas sugeridas na filosofia *Lean* para a eliminação de desperdícios (Mardegan *et al.*, 2006).

2.1.1 SMED

De acordo com Calhado *et al.* (2015), a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) visa a redução do tempo de troca de ferramentas.

Criada para obter maior eficácia no tempo de troca e preparação das máquinas e equipamentos, tendo como meta obter a redução no tempo de *setup* para um dígito (Shingo, 1985).

O SMED foi desenvolvido com o intuito de suprir as flutuações da demanda, proporcionando uma resposta rápida das organizações perante as mudanças. Teve como base sua aplicação em prensas de estampagem, mas o seu conceito pode ser aplicado em qualquer segmento, máquina ou equipamento. Possibilitando a realização do nivelamento da produção e a redução dos tamanhos dos lotes (Shingo, 1985; Zasadzień, Wolniak, & Gębalska-Kwiecień, 2018).

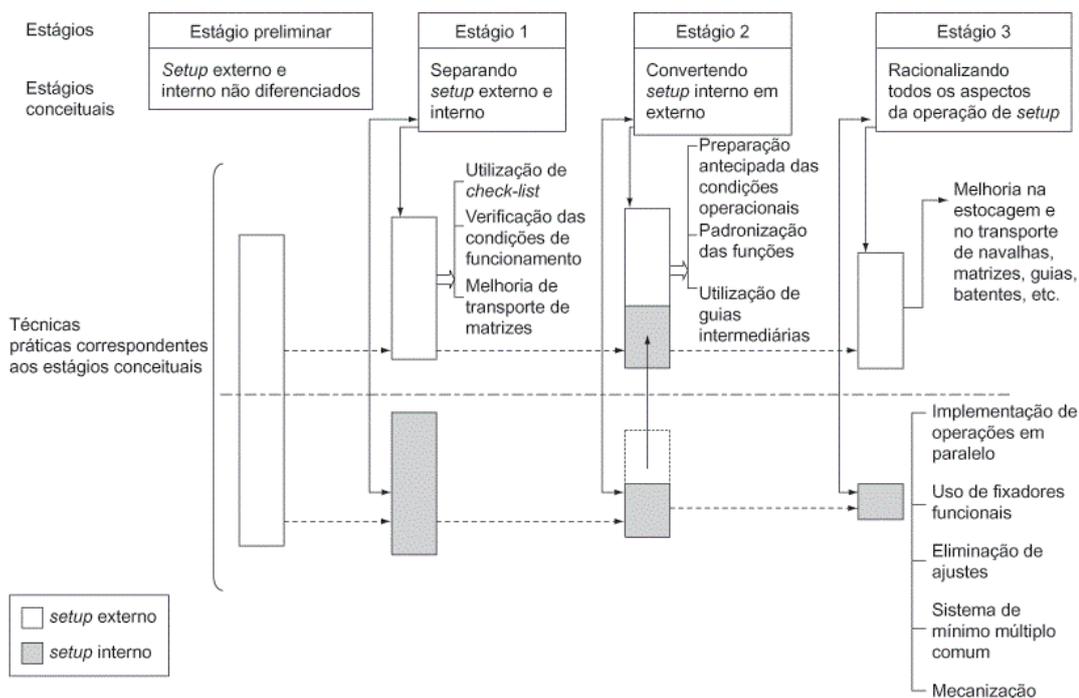
Uma das principais finalidades do SMED é simplificar e reduzir o tempo de troca de ferramentas, minimizando ou eliminando as perdas associadas ao processo de *setup* (Fogliato & Fagundes, 2003).

Segundo Cakmakci e Karasu (2007) as operações de *setup* são divididas em dois tipos:

- a) *Setup* interno: são operações realizadas quando a máquina está desligada/parada;
- b) *Setup* externo: são operações realizadas quando a máquina ainda está operando/funcionando.

Shingo (2000) definiu que a metodologia se compõe por quatro estágios conceituais e técnicas que são aplicadas em seu respectivo estágio, onde ambos são necessários para a obtenção da redução do *setup*, conforme mostra a figura 3.

Figura 3 - Estágios e técnicas da metodologia SMED



Fonte: Adaptado de Shingo (2000).

A metodologia SMED proporciona uma contribuição significativa para as organizações, fazendo com que as máquinas e equipamentos da área produtiva continuem em operação por um maior período de tempo, logo, obtendo um aumento no volume de produção (Fogliatto & Fagundes, 2003).

O precursor em estudar e aplicar as técnicas para redução do tempo de *setup* foi Shigeo Shingo (Werkema, 2006). Um dos objetivos principais da sua metodologia é converter o máximo possível do tempo de *setup* interno para externo (Shingo, 2000).

Monden (1984) propõe uma metodologia semelhante à de Shingo, os aspectos que diferenciam é que o autor ressalta que etapa da conversão da operação do *setup* interno em externo como uma das mais importantes e recomenda uma análise mais detalhada, a padronização das funções direcionadas às operações de redução do tempo de *setup*, e a realização de uma avaliação dos investimentos ao retorno obtido com a redução do tempo de *setup*.

Já Moxham e GreatBanks (2001) defendem a essencialidade de “pré-requisitos” ou um estágio inicial denominado “SMED ZERO”, onde se abrange os seguintes aspectos: trabalhar a comunicação e o envolvimento em equipe, controle visual da fábrica, analisar e medir o desempenho.

Por outro lado, McIntosh, Sugai e Novaski (2007) recomendam o uso de outros recursos atrelados a implementação do SMED, utilizando-se de *checklist* ou gabaritos, técnicas do Kaizen e etc. Onde o foco principal é a melhoria contínua, buscando sempre o aprimoramento dos métodos existentes.

O SMED não é uma técnica simples, mas sim um conceito que requer o comprometimento e mudanças da organização como um todo, pois o tempo de *setup* é relacionado frequentemente à área produtiva, porém ele reflete nas outras áreas da organização. A falta de fornecimento de infraestrutura apropriada, treinamento e a falta da conscientização da importância de reduzir o tempo de *setup*, pode ocasionar o fracasso na implementação, o bom gerenciamento e a divulgação da importância da metodologia influenciam diretamente nos resultados da mesma (Van Goubergen, 2000).

Outros autores descrevem benefícios adicionais aos citados anteriormente relacionados ao setor de usinagem, Calhado *et al.* (2015) apresentam um aumento da flexibilidade dinâmica para poder acompanhar as variações do mercado, e a possibilidade de produção em lotes pequenos, Cechect, Kainin, Costa e Luciano (2008) apontam a redução no *lead time* e redução nos níveis de estoque. Xavier e Carvalho (2014) retratam o resultado perante os clientes, com um melhor no desempenho de entrega e na capacidade de resposta. Corazza (2016) destaca a organização, a padronização, pontualidade nos prazos de entrega e robustez na qualidade das atividades.

3 Metodologia do desenvolvimento da pesquisa

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional de grande porte no ramo de autopeças. A empresa possui 29 plantas distribuídas no mundo, a planta estudada é situada no interior do estado de São Paulo.

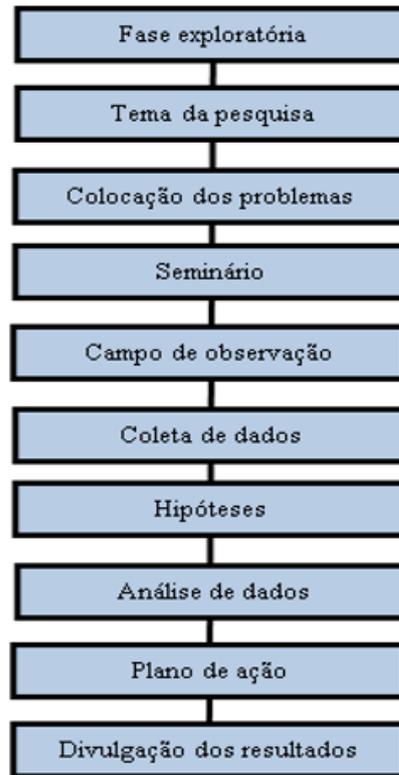
A pesquisa elaborada é de abordagem quantitativa, na qual segundo Fonseca (2002) e Polit, Beck e Hungler (2004), nessa abordagem os resultados podem ser quantificados, tendo como característica a objetividade, já que a realidade é entendida baseando-se na coleta e análise dos dados através de ferramentas estatísticas. Em relação à natureza apresenta-se como aplicada, dado que gera conhecimentos práticos com o objetivo de solucionar problemas específicos (Gil, 2007).

A metodologia do desenvolvimento do estudo foi baseada em uma pesquisa explicativa do tipo pesquisa-ação. Conforme Castro (1976), Lakatos e Marconi (2001) e Gil (2007), a pesquisa explicativa tem como principal objetivo identificar os fatores que contribuem ou causam as ocorrências do evento, aprofundando-se na realidade dos fatos com foco na explicação da causa e efeito, correlacionando as variáveis. A partir da identificação das causas, relacionam as internas com outros fatos (Galliano, 1979).

Determinado como pesquisa-ação, visto que é baseado na resolução ou melhoria de problemas, havendo a necessidade do envolvimento e participação dos pesquisadores de forma colaborativa perante ao evento (Elliot, 1997; Thiollent, 2011).

O estudo teve embasamento metodológico baseado na estruturação das etapas da pesquisa-ação formuladas por Thiollent (2011) e Mello, Turrioni, Xavier e Campos (2012), conforme figura 4.

Figura 4 - Estruturação das etapas da pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de Thiollent (2011) e Mello *et al.* (2012).

É notório a semelhança das etapas da pesquisa-ação com a metodologia DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar), sendo que ambas possuem o propósito de implementar melhorias. Usevicius (2004) ratifica que as principais equivalências entre as metodologias são o desenvolvimento de hipóteses, coletas de dados, planos de ação e as habilidades necessárias para conduzir um projeto pelo pesquisador da pesquisa-ação ou pelo *Black Belt*. O quadro 3 apresenta a correlação das etapas e objetivos da pesquisa-ação e DMAIC.

Quadro 3 - Correlação entre as etapas e objetivos: pesquisa ação e DMAIC

PESQUISA AÇÃO		DMAIC	
ETAPAS	OBJETIVOS	ETAPAS	OBJETIVOS
Fase exploratória	Determinação do campo de pesquisa, os envolvidos e suas expectativas	Definir	Identificação do problema, tema, área e constituição de um time multifuncional
Tema da pesquisa	Definição do tema da pesquisa		
Colocação dos problemas	Definição da problemática no qual o tema da pesquisa será desenvolvido		
Seminário	Constituição do grupo dos pesquisadores		
Campo de observação	Delimitação do campo de observação no qual o tema é aplicável	Medir	Levantamento dos dados e mensuramento das variáveis do processo
Coleta de dados	Aplicação de técnicas para coleta de dados		
Hipóteses	Formulação de suposições de soluções para resolução do problema	Analisar	Análise e identificação da causa raiz
Análise de dados	A análise e interpretação dos dados obtidos devem ser realizados		
Plano de ação	Elaboração do plano de ação	Implementar	Execução do plano de ação para corrigir ou reduzir as variáveis
Divulgação dos resultados	Divulgação dos resultados aos membros do grupo e externamente para áreas interessadas	Controlar	Padronização e conclusão

Fonte: Adaptado de Harry e Schroeder (2000), Thiollent (2011) e Mello *et al.* (2012).

4 Desenvolvimento, aplicação, resultados e discussões

Para a iniciação do projeto houve a necessidade da criação de um time multifuncional, para o desenvolvimento, acompanhamento e propostas de soluções.

A metodologia escolhida pelo time para o desenvolvimento das etapas do projeto foi o DMAIC, dessa forma os resultados serão apresentados nas fases: definir, medir, analisar, implementar e controlar.

Os dados coletados para a definição e medição do projeto são referentes à um período semestral.

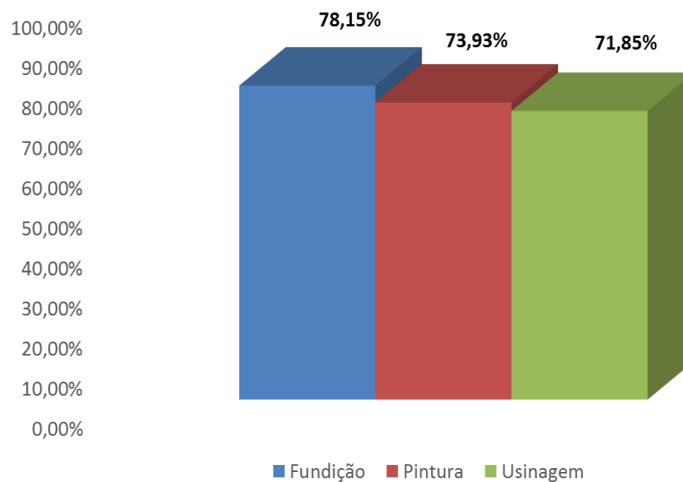
4.1 Definir

O estudo iniciou com a necessidade de identificação do gargalo, conforme Goldratt e Cox (1998) a prioridade da aplicação de melhorias deve ser perpetuada no processo gargalo, pois essas melhorias tendem solucionar a restrição de modo a aumentar a capacidade de toda a fábrica, melhorando o atendimento a demanda, não havendo a necessidade de aquisição de novos equipamentos e mão de obra.

Para identificar o processo gargalo foram considerados os índices do OEE, conforme Hansen (2006), o OEE (Eficiência Global dos Equipamentos) é um indicador baseado em três variáveis: disponibilidade, performance e qualidade.

Com o levantamento de dados do OEE de todos os processos produtivos foi identificado que o processo de usinagem apresenta o menor índice de OEE com 71,88%, sendo assim definido esse processo para aplicação da melhoria, demonstrado na Figura 5.

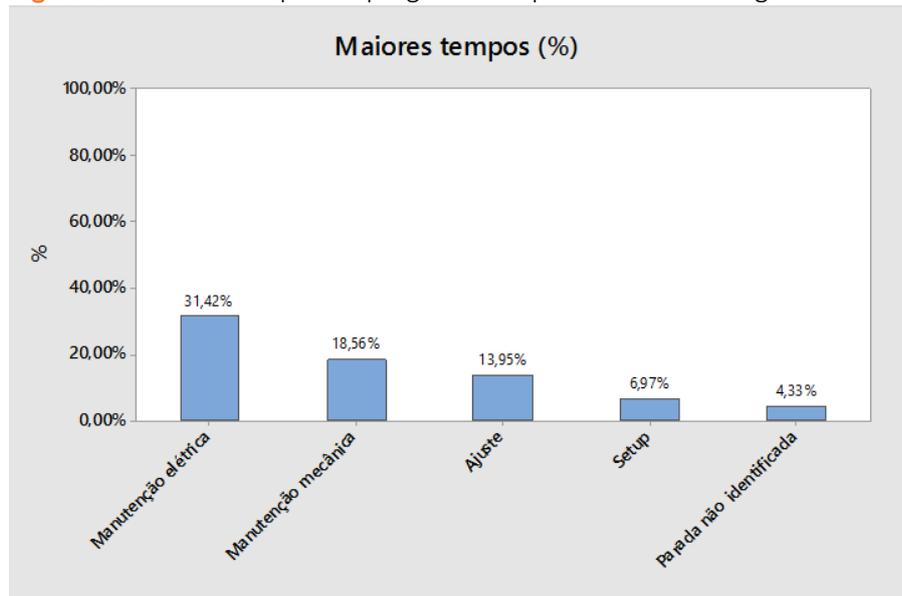
Figura 5 - OEE dos processos produtivos



Fonte: Os autores.

O próximo passo foi a definição do projeto, com essa finalidade foram listados os maiores tempos empregados no processo de usinagem, os dois principais são relacionados à manutenção, tais como, manutenção elétrica e preventiva, porém são tempos não atuantes, já que são pertencentes à outra área, logo os outros três tempos consecutivos e relevantes foram considerados: ajuste, *setup* e parada não identificada, de acordo com a figura 6.

Figura 6 - Maiores tempos empregados nos processos de usinagem



Fonte: Os autores.

Ainda com o propósito de definição do projeto, baseado na VOC (voz do cliente), os envolvidos no processo produtivo constataram que a redução do tempo de *setup* é relevante. Como esse tema apresentou-se expressivo, já que foi demonstrado nas duas informações coletadas, resultando na definição do projeto.

Posteriormente, para um melhor resultado de implementação foi fundamental selecionar uma célula de trabalho, definida como escopo, conseqüentemente houve a necessidade de conhecer os tempos médios e quantidades de *setups* de todas as células. A partir do quadro 4 é possível obter a célula adequada.

Quadro 4 - Quantidade e tempo de *setups* por célula

Célula	Quantidade de <i>setup</i>	Tempo médio (horas)	Tempo total (horas)
1	17	4,21	71,57
2	21	2,73	57,33
3	30	2,48	74,40
4	24	3,49	83,76
5	2	7,50	15,00
6	16	3,00	48,00
7	4	4,25	17,00

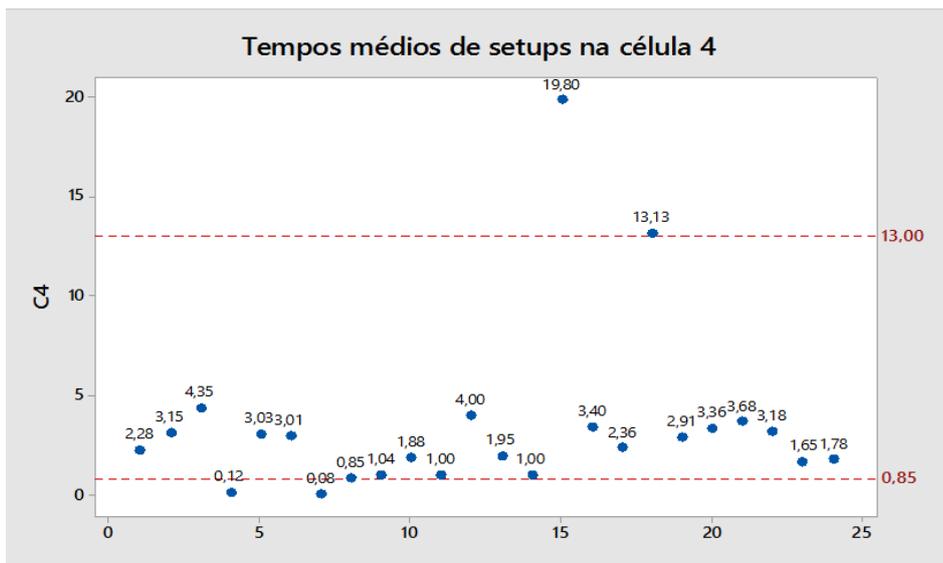
Fonte: Os autores.

Mesmo não apresentando a maior quantidade de *setups* e o maior tempo gasto para o processo, a célula 4 mostra-se vantajosa, por demonstrar o maior tempo total, além de conter duas células famílias, possibilitando a abrangência das ações para a célula 2 e 3.

4.2 Medir

Com a definição da célula 4 houve a estratificação dos dados para uma maior confiabilidade, com o objetivo de medir e verificar a dispersão de dados, verificando assim a variabilidade do processo, conforme mostrado na figura 7.

Figura 7 - Tempos médios de *setups* na célula 4



Fonte: Os autores.

Pode-se observar na figura 7, a existência de pontos dispersos e que não demonstram a realidade do tempo de *setup*, desta forma os dados abaixo dos limites inferiores e superiores foram desconsiderados, sucedendo na média real do tempo de *setup* de 2,60 horas.

Os pontos dentro dos limites se apresentaram com diferenciação, apresentando-se como maior valor de 4,35 horas e o menor é 0,85, a justificativa dessa variação foi identificada a partir da realização de uma matriz de correlação, ferramenta na qual apresentou os produtos que foram trocados em cada *setup*. As situações com os menores tempos ocorreram quando os *setups* foram de produtos da mesma família e também entre produtos com dimensão semelhantes, já nos casos entre produtos de famílias diferentes, as necessidades de trocas foram maiores, demandando os maiores tempos.

A partir da medição da célula 4 foi realizado o cálculo de lacuna para propor a meta do projeto. No cálculo da lacuna é levado em consideração o valor da média de 2,60 horas, o melhor valor já encontrado de 0,85 horas e a proposta de redução de 50%, resultando numa meta de 1,80 horas.

Em seguida, com o intuito de identificar possíveis variáveis entre turnos e produtos, a medição se fez necessária, assim sendo realizado as estratificações.

A empresa opera em três turnos, de acordo com a quadro 5, o turno 1 efetuou 9 *setups* com tempo médio de 2,53 horas, o turno 2 com 8 *setups* e tempo médio de 2,98 horas e o turno 3 com 2

setups e 1,45 horas. O turno 3 demonstra diferença significativa perante aos turnos 1 e 2, mas essa diferença foi justificada, pois nesse turno foram efetuados menor necessidade de trocas e quando aconteceram foram com produtos da mesma família.

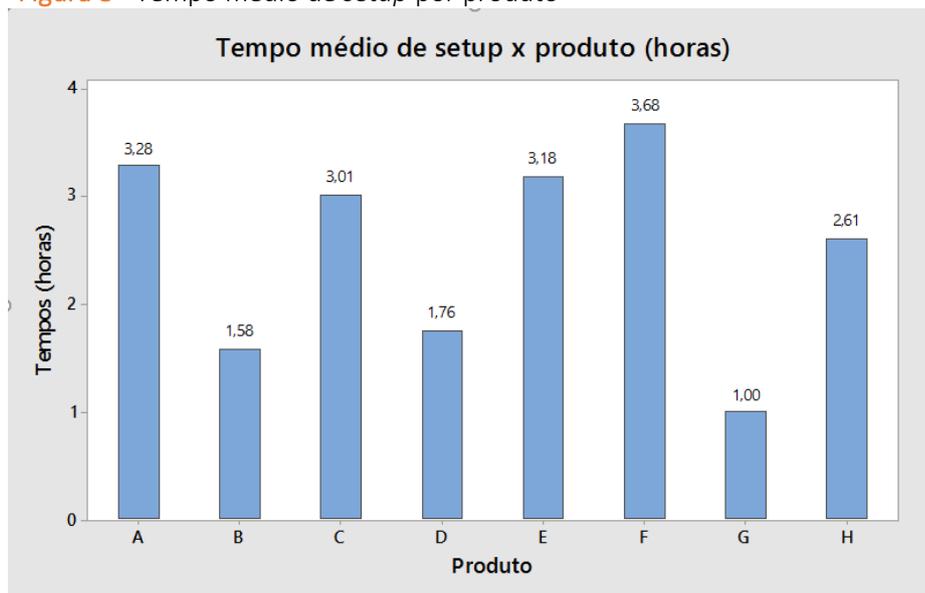
Quadro 5 - Quantidade e tempo médio de setups por turno

Turno	Quantidade de setups	Tempo médio de setups (horas)
1	9	2,53
2	8	2,98
3	2	1,45

Fonte: Os autores.

Também foi levantado o tempo médio de setup por produto, conforme figura 8, para constatar se há relevância entre tipos de produto para determinação de um projeto específico, mas como foi salientado pelo time, realizando melhorias na sistemática do processo de realização do setup, independente do produto haverá resultado.

Figura 8 - Tempo médio de setup por produto



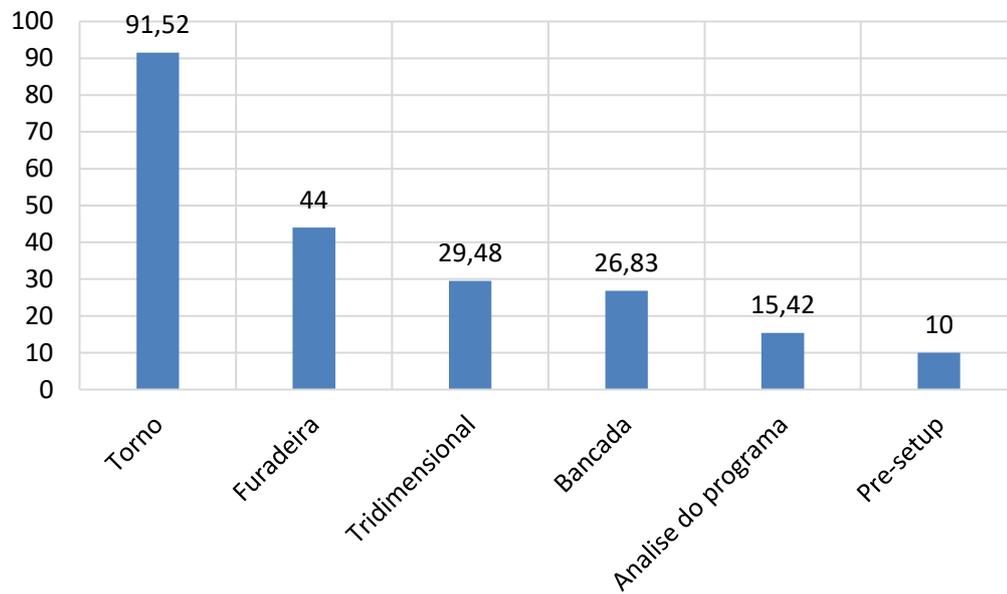
Fonte: Os autores.

4.3 Analisar

A fase analisar teve como objetivo identificar as causas raízes do aumento do alto tempo de setup.

Primeiramente foi necessário realizar os acompanhamentos no Gemba e medições dos setups para identificar as etapas pertencentes ao processo e levantar as que demandam maiores tempos.

Figura 9 - Tempos e etapas do setup

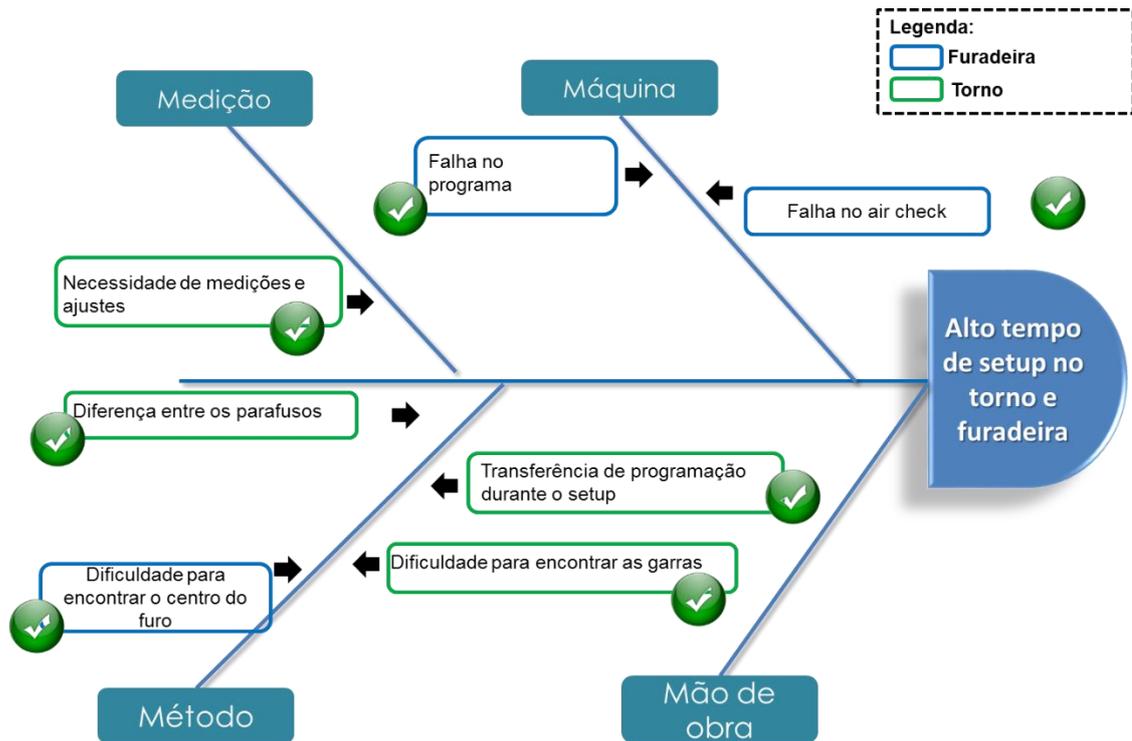


Fonte: Os autores.

A partir da figura 9 é constatado que apenas o tempo do torno e furadeira representam 62% do tempo total do *setup*, baseado nessas informações, as análises de causas serão focadas nessas atividades.

Nesse contexto, sabendo-se as atividades com os maiores tempos, o diagrama de *Ishikawa* foi elaborado, mediante aos conhecimentos técnicos dos envolvidos e dos acontecimentos durante os *setups*.

Figura 10 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Os autores.

Com a estruturação das causas por meio do diagrama de Ishikawa (Figura 10), o passo subsequente foi ter o conhecimento das causas raízes, a ferramenta de maior adequação para esse propósito é a análise do “5 por quês?”

Essa análise foi fundamentada em todas as causas, resultando nas seguintes causas raízes:

Quadro 5 - Causas raízes encontradas no Ishikawa

ETAPAS	CAUSA DO ISHIKAWA	CAUSA RAÍZ
Torno	Necessidades de medições e ajustes	Falta de equipamentos específicos para o setup
	Diferença entre parafusos	Falta de padronização dos parafusos
	Transferência de programação	Método diferente entre turnos
	Dificuldade para encontrar as garras	Falta de correlação
Furadeira	Falha no programa	Não existe programa específico por célula
	Falha no air check	Montagem das brocas durante o setup
	Dificuldade para encontrar o centro do furo	Falta de dispositivo

Fonte: Os autores.

Como importante metodologia em projetos de *setups*, o uso dos conceitos SMED foram enfatizados, propondo a separação das seguintes atividades de *setup* interno que são possíveis de serem realizadas de forma externa, conforme quadro 6.

Quadro 6 - Atividades internas e externa de *setup* (cenário atual x proposto)

Atividades	Atual		Proposto	
	Setup Interno	Setup Externo	Setup Interno	Setup Externo
Montagem de brocas				
Verificação da condição dos insertos				
Verificação da programação da maquina				
Transferência do programa para CNC				
Edição do programa				
Montagem das brocas				
<i>Preset</i>				
Transferência do programa para a furadeira				

Fonte: Os autores.

4.4 Implementar

Em seguida, a partir das causas raízes identificadas, um *brainstorming* de soluções foi elaborado com propostas para cada causa raiz (Quadro 7)

Quadro 7 - *Brainstorming* de soluções

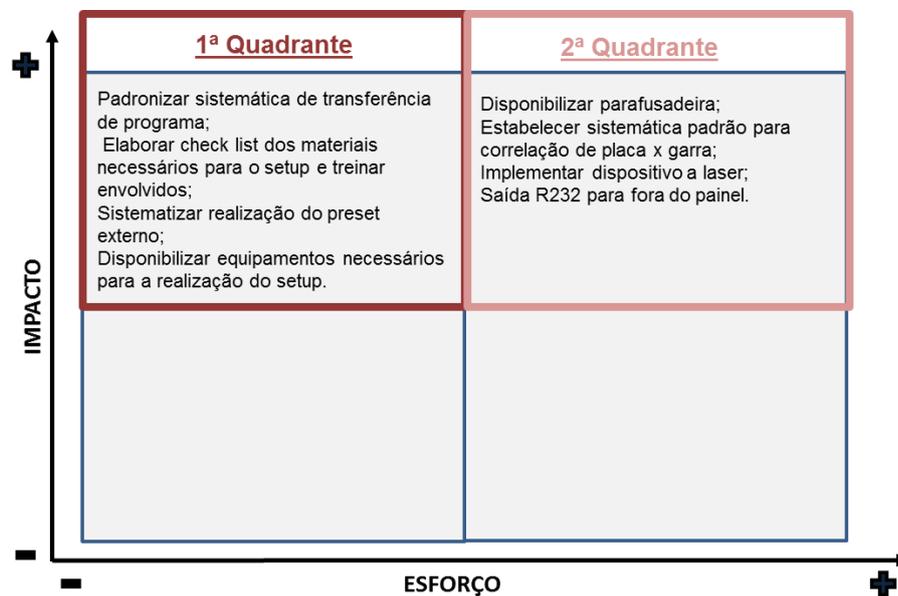
ETAPAS	CAUSA RAÍZ	PROPOSTA DE SOLUÇÃO
Torno	Falta de equipamentos específicos para o setup	Disponibilização de equipamentos de medição específico por célula
	Falta de padronização dos parafusos	Parafusadeira para troca de garras
	Método diferente entre turnos	Padronização da transferência do programa para o CNC (atividade externa)
	Falta de correlação	Realizar identificação das garras e correlacionar com as placas
Furadeira	Não existe programa específico por célula	Saída R232 para fora do painel
	Montagem das brocas durante o setup	Conjunto montado (pré-setup)
	Falta de dispositivo	Implementar laser

Fonte: Os autores.

A fim de propor as sugestões de melhorias foi essencial a participação de todos os envolvidos no processo de usinagem para melhor entendimento e abrangência das ações.

Para a implementação dessas ações, primeiramente as mesmas foram priorizadas por meio de matriz de impacto x esforço. As inseridas no 1ª quadrante se tornaram prioritárias por se tratar de melhorias de alto impacto e baixo esforço, sendo ações relacionadas à padronização, criação de sistemática, *check list*, alteração de *setup* interno para externo e disponibilização de equipamentos. Já as ações do 2ª quadrante serão a prioridade sequente por apresentar alto impacto, porém maior esforço, sendo ações relacionadas à aquisição e implementação, demandando recursos monetários e de tempo, como o uso de parafusadeira, correlações de ferramentais, implementação de laser e mudanças na máquina.

Figura 11 - Matriz de impacto X esforço



Fonte: Os autores.

Com as prioridades determinadas, o plano de ação foi executado em formato de 5W1H, estabelecendo as responsabilidades, prazos, status, entre outras informações. As propostas do quadro 6 de realização de atividades internas para realização de forma externa também foram implementadas.

4.5 Controlar

As limitações do projeto ocorreram nessa etapa do ciclo DMAIC, já que durante o “controlar”, a produção demandou menor ocorrência de *setups*, dificultando assim os acompanhamentos que tinham como objetivo identificar os resultados das implementações das melhorias. Esse evento teve impacto na finalização do projeto, visto que foi necessário que o prazo fosse estendido.

Mediante as implementações realizadas, ocorreram medições de *setups*, esses resultados se apresentaram abaixo da meta estabelecida, mostrando assim que as ações surtiram resultado positivo perante ao problema.

Nesta etapa, foram desenvolvidas e implementadas instruções de trabalho, assim como a equipe foi treinada para a nova sistemática.

5 Considerações finais

Como apresentado, a metodologia SMED proporciona uma contribuição significativa para as organizações, visando a redução dos tempos de *setup* e aumento do tempo produtivo de máquinas e equipamentos. Cenário este, que se apresenta na grande maioria das empresas atualmente, em especial empresas de manufatura, devido a necessidade de se obter resultados melhores, menores custos, menores tempos e maior flexibilidade para atender a demanda do mercado.

Para o presente projeto, foi possível apresentar uma implementação de melhorias para redução do tempo de *setup* no processo de usinagem, baseado nos conceitos da metodologia SMED.

Para o desenvolvimento, planejamento e execução do projeto, foram realizadas as etapas: definir, medir, analisar, implementar e controlar, cujos resultados foram apresentados com as seguintes melhorias: separação de *setup* interno e externo, padronização de atividades, uso de dispositivos, eliminação de ajustes, implementação de check lists e melhoria organizacional.

Com as ações implementadas, a meta estabelecida no início do projeto foi atingida, já que os *setups* posteriores às implementações apresentaram abaixo de 1,80 horas, com essa redução é possível aumentar a produção de 20 peças por *setup*. Com o resultado obtido, sendo considerado vantajoso para a organização, foi estabelecido que ocorra a abrangência da aplicação do projeto para as demais células de produção.

Sendo a lacuna da pesquisa, a ausência de pesquisas e contribuições acadêmicas relacionadas à aplicação de melhorias para a redução do tempo de *setup* em células de manufatura de usinagem, sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados sobre o tema, visto que é um estudo que resulta em vantagens significativas, como redução de custo e tempo improdutivo, melhora da flexibilidade e do tempo de lead time, conseqüentemente o aumento da satisfação dos clientes, possibilitando as empresas a se manterem competitivas no mercado.

Referências

Allahverdi, A. & Soroush, H. M. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operations Research*, 187, 978-984.

Batelochi, L. (2007). Fundamento do *set up* rápido. *Revista O mundo da Usinagem*, 38, 8, 6-11.

- Boran, S. & Ekincioglu, C. (2017). A novel integrated SMED approach for reducing setup time. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92, 3941–3951.
- Braglia, M., Frosolini, M. & Gallo, M. (2016). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1–11.
- Calhado, M. P., France, L.D.A., Rocha, Y.B., Oliveira, F.M.V.B. & Oliveira Neto, P.C. (2015, outubro). Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, CE, Brasil, 35.
- Castro, C. M. (1976). *Estrutura e apresentação de publicações científicas*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Cakmakci, M. & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: a study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33, 3, 334-344.
- Cechect, I. A., Kainin, J. I., Costa, C. A. & Luciano, M.A. (2008, novembro). Implantação dos conceitos de TRF em uma empresa do setor de plásticos. *Anais do Simposio de Engenharia de Produção*, Bauru, SP, Brasil.
- Corazza, E. J. (2016, outubro). Otimização do tempo de *setup* no setor de usinagem, em uma empresa de processamento de alumínio de Joinville/SC – Brasil. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. João Pessoa, PB, Brasil, 36.
- Elliot, J. (1997). *La investigación-acción en educación* (3a ed.) Madrid: Morata.
- Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC..
- Fogliatto, F. S. & Fagundes, P. R. M. (2003). Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. *Gestão e Produção*, 10, 2, 163-181.
- Gaither, N. & Frazier, G. (2004). *Administração da produção e operações* (8ª ed.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Galliano, A. G. O. (1979). *Método científico: teoria e prática*. São Paulo: Habra.
- Gil, A.C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4a ed.). São Paulo: Atlas.
- Goldratt, E. M. & Cox, J. (1998). *A Meta: um processo de melhoria contínua* (2a ed.). São Paulo: Nobel.
- Goss R., Maxim, C., Adhukari, D. & Rothe, J. (2010). Leveraging new SEMI standard to reduce waste and improve flow for semiconductor manufacturing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 26, 658–664.
- Hansen, R.C. (2006). *Eficiência Global dos Equipamentos – uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros*. Porto Alegre: Bookman.
- Harry, M. & Schooeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. New York: Currency/Doubleday.
- Lakatos, E. M. & Marconi, M. A. (2001). *Fundamentos metodologia científica* (4a ed.) São Paulo: Atlas.

- Maestrelli, N. (2014). Redução de tempos de preparação de máquinas (*setup*): um caso de aplicação. *Revista Manufatura em foco*, 12, 8-11.
- Mardegan, R., Lopes, P., Tresiane, R.B., Guerra, M. & Rocha, F. (2006, outubro). Estudo de caso de implementação de troca rápida de ferramenta em uma empresa metal mecânica. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Fortaleza, CE, Brasil, 35.
- Méndez, J. D. M. & Rodríguez, R. S. (2015). Set-up reduction in an interconnection axle manufacturing cell using SMED. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 84, 1907–1916.
- Mccarthy, R. (2006). Toolroom management: presetting increases profits and productivity. *MoldMaking Technology*, 2006.
- Mcintosh, R. I., Sugai M. & Novaski, O. (2007). Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Revista Gestão e Produção*, 14, 2, 323-335.
- Mello, C. H. P., Turrioni J. B., Xavier, A.F. & Campos, D.F. (2012). Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. *Produção*, 22, 1, 1-13.
- Monden, Y. (1984). *Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota*. São Paulo: Iman.
- Moxhan, C. & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology. A study in the textile-processing environment. *The International Journal of Quality & Reliability Management*, 18, 45, 404-414.
- Nicholas, J. (1998). *Competitive manufacturing management Irwin*. McGraw-Hill: International Edition
- Polit, D. F., Beck, C. T. & Hungler, B. P. (2004). *Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização* (5a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Satolo, E. G. & Calarge, F. A. (2008). Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. *Exacta*, 6, 2, 283-296.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: Product Press.
- Shingo, S (2000). *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman.
- Strapasson, M., & Leite, H. V. R. (2012, outubro). Troca rápida de ferramenta: estudo de caso em uma indústria do setor metal mecânico. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 32.
- Thiollent, M. J. M. (2011). *Metodologia da pesquisa-ação* (18a ed.) São Paulo: Cortez.
- Usevicius, L. A. (2004). *Implantação da metodologia seis sigma e aplicação da técnica estatística projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização de processos de fabricação*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.
- Van Goubergen, D. (2000). Set-up reduction as an organization-wide problem. *Proceedings in Solutions 2000 Conference*. Cleveland: DRI Research e Publications.

Vieira Junior, M., Silva, J. M., Correr, I., Coppini N. L. & Baptista, E.A. (2011). Statement of losses caused by the presetting of tools by the manual method. *POMS 22nd Annual Conference*, Reno, Nevada, U.S.A.

Werkema, C. (2006). *Lean Seis Sigmas: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora.

Wiltsie, J. (2012). Setup reduction-one discipline you must master. *Magazine Production Maching*.

Xavier, C. A. R. & Carvalho, S.M. (2014). A melhoria do *setup* de uma empresa de usinagem: um estudo de caso em Porto Velho. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, 8, 2, 12-34.

Zasadzień, B. S., Zasadzień, R. & Kwiecień, A. G. (2018). Improving the efficiency of the production process using SMED. *MATEC Web of Conferences*, 183.